

# Colapsos Kársticos en el acuífero de Crestatx (Mallorca)

## *Karstic Collapses in the Crestatx aquifer (Majorca)*

I. García<sup>1</sup> y R.M. Mateos<sup>1</sup>

Instituto Geológico y Minero de España. Oficina de Proyectos en Baleares. Avda. Ciudad Querétaro s/n. 07007 Palma de Mallorca. [inmaculada.garcia@igme.es](mailto:inmaculada.garcia@igme.es); [rm.mateos@igme.es](mailto:rm.mateos@igme.es)

**Resumen:** El acuífero de Crestatx constituye la principal fuente de recursos hídricos para el abastecimiento de la zona turística de la Bahía de Alcúdia, al norte de la isla de Mallorca. Este aprovechamiento se ha venido realizando desde la década de los setenta del pasado siglo, a través de una serie de pozos de bombeo que extraen actualmente unos volúmenes anuales de 1,5 hm<sup>3</sup>. La explotación estacional de este acuífero kárstico provoca un importante cono de bombeo con grandes oscilaciones del nivel piezométrico, así como niveles dinámicos de hasta 87 m bajo el nivel del mar. A finales de la década de los 90 comenzaron a detectarse colapsos y hundimientos en una zona muy karstificada del área de Crestatx, algunos de ellos con dimensiones de hasta 15 m de diámetro y más de 7 m de profundidad. La orientación de estas morfologías parece seguir dos alineamientos preferenciales - N 130° E y N 60° E-, perpendiculares y paralelos respectivamente a las principales estructuras tectónicas de la zona. Se considera que la intensa y discontinua explotación que sufre el acuífero, generando fuertes variaciones de presión en el sustrato rocoso y una aceleración de los procesos de disolución, es el principal factor desencadenante de los colapsos y subsidencias en la zona.

**Palabras clave:** Colapsos, karst, acuífero, Mallorca.

**Abstract:** *The Crestatx aquifer is the main source of water supplying the tourist area of the Bay of Alcudia, in the northern part of Majorca. This water has been used since the 1970s using several pumping wells which draw an annual volume of 1.5 hm<sup>3</sup>. The seasonal exploitation of this karstic aquifer causes a substantial cone of depression with great variations in the piezometric level and dynamic levels up to 87 m b.s.l. At the end of the 1990s several ground collapses and subsidences started being detected in a highly karstified area of Crestatx, some measuring up to 15 m in diameter and more than 7 m in depth. These collapses are oriented in two main directions – N130° E and N60° E-, perpendicular and parallel respectively to the main tectonic structures in the area. It is considered that the high but discontinuous exploitation of the aquifer, causing large variations of pressure in the rock framework, is the main trigger for these collapses and subsidences.*

**Key words:** *Collapse, karst, aquifer, Majorca.*

## INTRODUCCIÓN

Los hundimientos y colapsos en materiales solubles son procesos bastante comunes en terrenos kársticos, especialmente cuando se modifican las condiciones hidrogeológicas del sustrato rocoso. La explotación, en ocasiones intensiva, de acuíferos carbonatados de naturaleza kárstica suele producir una aceleración en los procesos de disolución de la roca caliza, así como un lavado de los materiales finos (arcillas principalmente) que rellenan grietas y fisuras. Como consecuencia, los huecos en el sustrato rocoso van aumentando de volumen, disminuyendo la capacidad portante del terreno y, produciéndose en superficie hundimientos locales con escaso o ningún movimiento horizontal (Higgins and Coates, 1990). En ocasiones se generan también colapsos, por la apertura de una oquedad al exterior, que se caracterizan por formas circulares o elipsoidales y paredes muy verticales, de dimensiones muy diversas.

En España, los riesgos relacionados con la subsidencia del terreno están muy ligados a las zonas con afloramientos de rocas solubles, calizas y yesos principalmente, que constituyen algo más de una quinta parte del territorio nacional. Así, estos procesos están bien documentados en el Valle del Ebro, asociados a rocas evaporíticas (Gutiérrez-Santolalla *et al.*, 2005; Benito, 1987) y en las Serranías de Grazalema y Ronda, en Andalucía occidental, ligados a rocas carbonatadas (Delannoy, 1999).

En la isla de Mallorca se conjugan las dos piezas clave para la generación de este tipo de procesos. Por un lado, la predominancia de un sustrato rocoso carbonatado- calizas y dolomías del Jurásico inferior, principalmente- y por otro, una intensa explotación de los acuíferos kársticos en las últimas décadas, constituyendo éstos las principales fuentes de abastecimiento de la isla. No obstante, los riesgos ligados a hundimientos y subsidencias del terreno son poco notables en la isla y apenas están documentados.

Quizás esto se deba a un mayor desarrollo del exokarst en las zonas más inaccesibles y deshabitadas de la Serra de Tramuntana (Ginés y Ginés, 1995), teniendo este tipo de riesgos una escasa repercusión social.

En el presente trabajo se presentan los procesos de subsidencia del terreno que se han detectado en el área de Crestatx, al N de la isla de Mallorca (Figura 1 y 2), donde se viene produciendo una intensa y discontinua explotación del acuífero para el abastecimiento de la zona turística de la Bahía de Alcúdia.

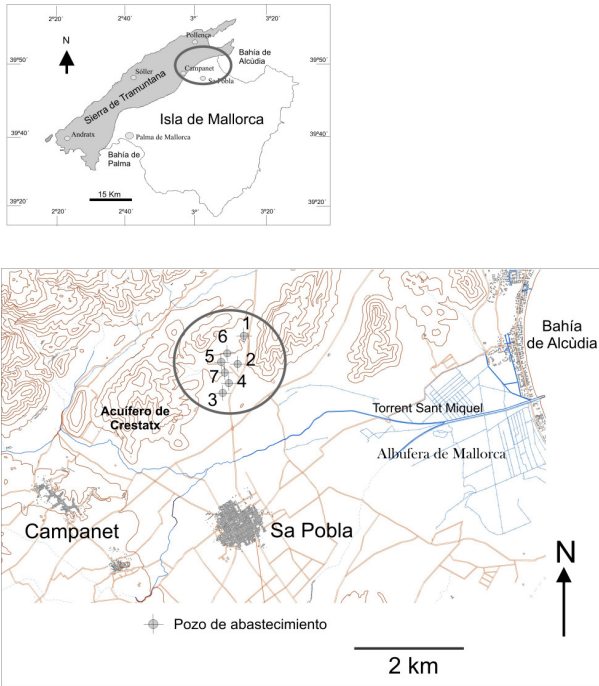


FIGURA 1. Localización geográfica del área de estudio en la isla de Mallorca y mapa topográfico de la zona, donde se ubican los pozos de abastecimiento y el área donde se han detectado los colapsos y subsidencias.

**CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO**

El acuífero de Crestatx se ubica en la vertiente meridional de la Sierra de Tramuntana, en el paso de esta cadena montañosa al Llano de Sa Pobla (Figura 1). Se trata de un acuífero de naturaleza kárstica, constituido principalmente por las calizas y dolomías del Jurásico inferior (Lías), con un espesor que varía entre 200 y 600 m (Mateos *et al.*, 2006). La permeabilidad del acuífero es muy variable, condicionada por el grado de fracturación y karstificación de la roca. Esto provoca un comportamiento hidrogeológico muy heterogéneo del acuífero, con algunos sectores muy poco productivos (valores de transmisividad < 20 m<sup>2</sup>/día), y otros muy productivos, probablemente debido al elevado grado de karstificación de los materiales en esta zona (con valores de transmisividad entre 300-1000 m<sup>2</sup>/día). En esta zona más karstificada y productiva se sitúan los pozos de abastecimiento que explotan el acuífero (Figura 1), que parece coincidir con el área más tectonizada, donde confluyen una serie de mantos de

cabalgamiento vergentes hacia el NO (Figuras 2 y 3). La base impermeable del acuífero está constituida por los materiales de naturaleza arcillosa y margosa del Triásico superior (Keuper y Retiense) que, al aflorar en el borde SE del acuífero constituyen una barrera efectiva contra la intrusión marina (Mateos *et al.*, 2007).

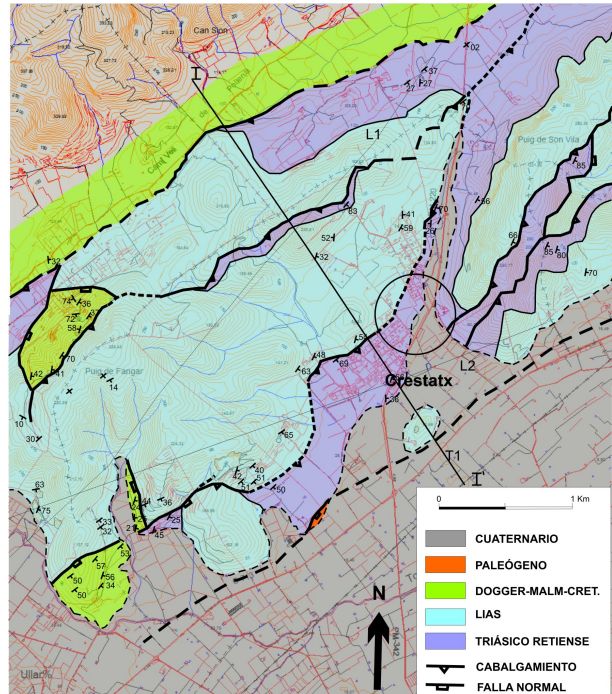


FIGURA 2. Cartografía geológica de la zona a escala 1: 25.000. (Mateos *et al.*, 2007). Localización de la zona donde se explota el acuífero y donde han aparecido los hundimientos y colapsos (en círculo).

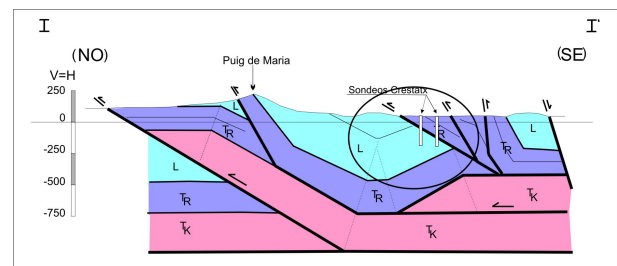


FIGURA 3. Corte transversal I-I', perpendicular a las principales estructuras tectónicas. L: calizas y dolomías del Lías, TR: Dolomías y margas del Retiense. TK: margas y arcillas con yesos y rocas volcánicas del Keuper. Se localiza la zona donde se sitúan los pozos de explotación y el área más karstificada, donde se detectan los colapsos y hundimientos. Esta zona coincide con la confluencia de una serie de mantos de cabalgamiento vergentes hacia el NO.

El acuífero se explota desde la década de los 70 para abastecimiento urbano a la Bahía de Alcúdia, uno de los principales núcleos turísticos de la isla, con un volumen anual de extracción de 1,5 hm<sup>3</sup>. Existen 8 pozos de extracción, muy cercanos entre sí y cuyas características se muestran en la Tabla 1. Las extracciones llevan un régimen estacional, concentradas principalmente entre los meses de abril a

septiembre, quedando los pozos prácticamente inoperativos durante los meses invernales. Esta explotación genera en el acuífero un importante cono de bombeo, con depresiones del nivel piezométrico de hasta 87 m b.n.m, siendo la cota media del nivel estático del acuífero en la zona de + 15 m (Figura 4).

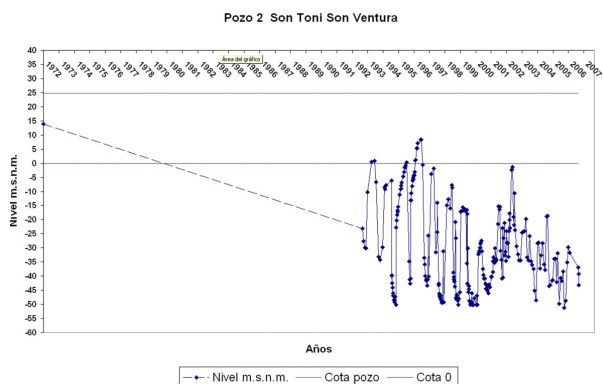


FIGURA 4. Evolución piezométrica del pozo " Son Toni de Son Ventura", el que se encuentra más cercano al área donde se han detectado los colapsos y hundimientos. Obsérvese las fuertes variaciones del nivel piezométrico.

Antes de la explotación, el acuífero descargaba de forma natural hacia una fuente, "Les Fonts de Ses Ulls", ubicada en el área donde han aparecido los hundimientos y colapsos, y que presenta unas morfologías externas propias del karst (dolinas, uvalas etc.). De la época medieval (dominación árabe de la isla) existen en Crestatx unas galerías subterráneas denominadas "qanats", que captaban el agua de esta fuente y la distribuían por gravedad para el riego agrícola de la zona (Carbonero, 1992).

Pozo	Inicio (año)	Prof. (m)	Q m <sup>3</sup> /h	Cota piezo. máxima (m.s.n.m)	Cota piezo. mínima (m.s.n.m)
1	1973	106	50	34,2	-34,9
2	1972 1992	80 R 110	90	13,82	-51
3	1994	160	40	10,76	-53,24
4	1998	200	30	-8,58	-45
5	1993	200	90	4,6	-62,5
6	1985	200	90	4,01	-86,84
7	1985	150	40	4,6	-87,3

TABLA I. Características de los Pozos de abastecimiento que explotan el acuífero de Crestatx. Su ubicación puede verse en la figura 1).

## COLAPSOS Y HUNDIMIENTOS

A finales de la década de los 90, coincidiendo con un largo período de sequía que obligó a incrementar las extracciones en los acuíferos de la isla, comenzaron a

detectarse en el área de Son Ventura, al NE de la urbanización de Crestatx, una serie de hundimientos y colapsos de naturaleza kárstica. Esta zona presentaba unas morfologías propias del exokarst (dolinas, uvalas etc.) y constituía la zona natural de drenaje del acuífero. Las dimensiones de estas morfologías son muy variadas, desde 2 – 200 m<sup>2</sup> de superficie. El colapso de mayor envergadura (Figura 5) presenta una forma elipsoidal, con un diámetro mayor de 15 m y paredes verticales de más de 7 m de profundidad. Este colapso se localiza a escasos metros de una zona urbanizada y se ha observado un incremento de su volumen en las diferentes visitas de campo realizadas para este trabajo.

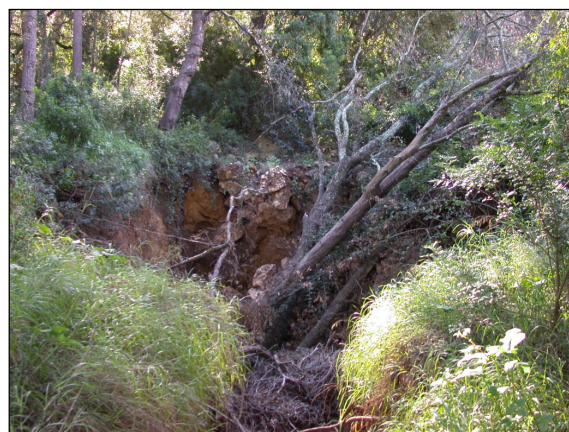


FIGURA 5. Colapso en el área de Son Ventura (Crestatx), presenta un diámetro de 15 m y paredes verticales de más de 7 m de profundidad.

Los hundimientos o subsidencias del terreno muestran formas alargadas, que parecen corresponder



con la formación de dolinas (Figura 6). Presentan movimientos verticales superiores a 30 cm.

FIGURA 6. Subsidencias del terreno con forma alargada (dolina).

En la Figura 7 se representa el cuadro con las características de los colapsos y hundimientos cartografiados, así como un mapa con la ubicación de los mismos. Se observa que estas morfologías se

alinean según dos direcciones preferenciales - N 60° E y N 130° E-, así como la dirección de los ejes mayores de las formas de subsidencia. Estos alineamientos parecen seguir las directrices tectónicas de la zona, ya que son paralelas y perpendiculares respectivamente, a las direcciones de los mantos de cabalgamiento que estructuran la zona (ver figuras 2 y 3).

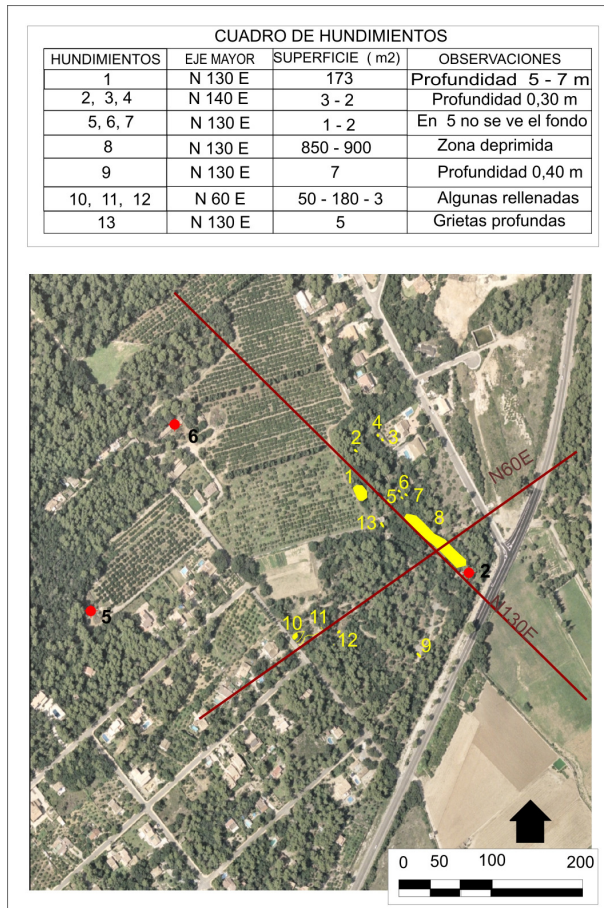


FIGURA 7. Cuadro que recoge las principales características de los colapsos y hundimientos observados en el área de Son Ventura y ortofoto que muestra la cartografía de estas morfologías y la ubicación de los pozos de abastecimiento más cercanos.

## CONCLUSIONES

El acuífero carbonatado de Crestatx, al N de la isla de Mallorca, se explota intensamente a través de una serie de pozos de abastecimiento, que generan fuertes oscilaciones del nivel piezométrico del acuífero y un cono de bombeo con niveles dinámicos de hasta 80 m b.n.m. A finales de los noventa comenzaron a detectarse, en el borde nororiental del acuífero, procesos de colapsos y hundimientos kársticos, cuyas morfologías parecen seguir las estructuras tectónicas predominantes en la zona. La rapidez en la evolución y desarrollo de estas morfologías parece avalar que, la intensa y discontinua explotación del acuífero, es el principal factor desencadenante de estos procesos, constituyendo un riesgo geológico evidente para esta zona urbanizada de la isla.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del Convenio de Colaboración entre el Instituto Geológico y Minero de España y la Conselleria de Medio Ambiente del Govern Balear, 2005-2008.

## REFERENCIAS

- Benito, G. (1987): Karstificación y colapsos kársticos en los yesos del sector central de la Depresión del Ebro. En: *Actas de la VII Reunión sobre el Cuaternario*, 99-102
- Carbonero, M.A. (1992): *L'Espai de L'Aigüa. Petita hidràulica tradicional a Mallorca*. Consell Insular de Mallorca, 362 p.
- Delannoy, J.J. (1999). Contribución al conocimiento de los macizos kársticos de las Serranías de Grazalema y de Ronda. En: *Karst en Andalucía* (J.J. Durán y J. López- Martínez Eds.). Publicaciones del Instituto Tecnológico y Geominero de España, 93- 129.
- Gines, J y Ginés, A. (1995) : Les formes exokárstiques de l'Illa de Mallorca. *ENDINS- Federació Balear de Espeleologia*, 20 : 59-71.
- Gutiérrez- Santolalla, F., Gutiérrez Elorza, M., Marín, C., Desir, G. and Maldonado, C. (2005): Spatial distribution, morphometry and activity of La Puebla de Alfiden sinkhole field in the Ebro River Valley (NE Spain): applied aspects for hazard zonation. *Environmental Geology*. 48: 360-369.
- Higgins, C.G. and Coates, D.R. (1990): *Groundwater geomorphology; the role of subsurface water in earth-surface processes and landforms*. Boulder, CO, Geol. Soc. Amer. Specific Paper, 252.p.
- Mateos R.M., Murillo J.M., García J.M. (2006): Las fonts Ufanes de Gabellí (Mallorca): propuestas para su aprovechamiento. En: *Cambio climático y aguas subterráneas* (J.J. Durán, B. Andreo y F. Carrasco, eds.). Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, 213-218.
- Mateos R.M., López J.M., Gelabert B., Marcuello A., Ledó J.J., Queralt P., Murillo J.M., De la Orden J.A., Ortiz G. (2007): Control geológico de la intrusión marina en los acuíferos que abastecen a la Bahía de Alcudia, Norte de la Isla de Mallorca. En: *Los acuíferos costeros. Retos y soluciones. Coastal aquifers: challenges and solutions* (Pulido Bosch, J.A. López-Geta, G. Ramos, eds.). Instituto Geológico y Minero de España, 155-162.